

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 06 387 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 J 11/00**  
H 04 B 10/08

⑳ Aktenzeichen: 195 06 387.2  
㉔ Anmeldetag: 23. 2. 95  
㉕ Offenlegungstag: 21. 12. 95

㉔ Unionspriorität: ㉔ ㉔ ㉔  
17.06.94 US 261566

㉔ Anmelder:  
Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US

㉔ Vertreter:  
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

㉔ Erfinder:  
Hinch, Stephen W., Santa Rosa, Calif., US

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Vorrichtung und Verfahren zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses digitaler Lasersender

㉔ Eine Vorrichtung und ein Verfahren, die direkt auf der Messung der Leistung basieren, werden geschaffen, um eine genaue und wiederholbare Bestimmung des Extinktionsverhältnisses zu ermöglichen. Eine Implementierung weist einen optoelektrischen (O/E-)Wandler auf, der auf ein moduliertes optisches Signal anspricht, ein Mehrfachmeßgerät, das mit dem O/E-Wandler zum Messen einer Spannung, die der optischen Durchschnittsleistung entspricht, verbunden ist, ein Leistungsmeßgerät, das mit dem O/E-Wandler zum Messen einer Spannung, die der optischen Leistung in dem Modulationssignal entspricht, verbunden ist, und einen Mikroprozessor zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses aus den gemessenen Signalen, die der optischen Durchschnittsleistung und der optischen Leistung in dem Modulationssignal entsprechen.

DE 195 06 387 A 1

DE 195 06 387 A 1

## Beschreibung

Diese Erfindung bezieht sich auf elektronische Geräte zum Erfassen und/oder Messen der Verhaltenscharakteristika von Systemen, Teilsystemen und Komponenten, die in Telekommunikationssysteme eingebaut sind, und insbesondere auf elektronische Geräte zum Erfassen und/oder Messen des Verhaltens modulierter optischer Quellen, die in optischen Telekommunikationssystemen verwendet werden. Speziell schafft ein Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses einer digital modulierten optischen Quelle, wie z. B. eines Lasersenders, in einem optischen Telekommunikationssystem. Die Messung von Parametern zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung liefert eine genauere Bestimmung des Extinktionsverhältnisses gegenüber der, die in der Vergangenheit verfügbar war, wodurch ein besserer Entwurf und eine genaue Charakterisierung digitaler Lasersender ermöglicht wird.

Das Extinktionsverhältnis ist eine wichtige Verhaltenscharakteristik von Lasersendern, die in optischen Telekommunikationssystemen verwendet werden. Dasselbe ist ein Maß der Amplitude der digitalen Modulation auf dem optischen Träger und beeinflusst daher den Leistungsverlust oder die Distanz, über die ein Lichtwellenleiter-Telekommunikationssystem ein Signal zuverlässig senden und empfangen kann. Es ist ferner eine Charakteristik, die unter Verwendung bekannter Meßtechniken schwierig genau zu bestimmen ist.

Normen für optische Telekommunikationssysteme, wie z. B. SONET, SDH und Fibre Channel, spezifizieren minimale Extinktionsverhältnis-Anforderungen für Lasersender. Da das Extinktionsverhältnis in diesen Normen explizit spezifiziert ist, ist es wichtig, daß sich für einen beliebigen gegebenen Lasersender ein ähnlicher Extinktionsverhältniswert ergibt, wenn das Verhalten desselben auf verschiedenen Testsystemen gemessen wird. Trotzdem besteht ein übliches Problem der Industrie heutzutage darin, daß es möglich ist, daß die Messung des Herstellers eines Lasersenders auf einem Testgerät ergibt, daß ein Sender innerhalb der Spezifikation liegt, die Messung des Kunden jedoch auf einem anderen Testsystem ergibt, daß derselbe außerhalb der Spezifikation liegt.

Detaillierter betrachtet ist das Extinktionsverhältnis bezugnehmend auf Fig. 1 wie folgt definiert:

$$ER = P_1/P_0$$

wobei  $P_1$  die Durchschnittsleistung (oder Energie) in einem Bit einer logischen Eins ist, und  $P_0$  die Durchschnittsleistung (oder Energie) in einem Bit einer logischen Null ist. Das Extinktionsverhältnis ist oft auch als dB-Wert spezifiziert:

$$XR = 10 \log(ER)$$

Alternativ definieren einige Lehrbücher das Extinktionsverhältnis prozentual, basierend auf der Inversen der obigen Definition:

$$XT = 100/ER$$

Diese Definition ist besonders in Europa bevorzugt. Bei der folgenden Analyse wird das Extinktionsverhältnis, das durch ER definiert ist, betrachtet, obwohl die Analyse ungeachtet dessen, welche Definition angenommen wird, identisch ist.

Obwohl es scheint, daß ein unbegrenzter Extinktionsverhältniswert am besten ist, da dieser eine maximale Signalschwingung darstellt, ist dies bei Lasersendern praktisch nicht erreichbar. Wenn ein Lasersender auf den vollständigen "Aus"-Zustand vorgespannt ist (d. h. wenn eine logische Null gesendet wird), leidet derselbe unter Einschaltverzögerungen und Signalförmverzerrungen, die Übertragungsfehler bewirken können. Daher sind Lasersender typischerweise derart vorgespannt, wie in Fig. 1 gezeigt ist, daß eine geringe Menge optischer Leistung über dem Dunkelpegel gesendet wird, selbst wenn ein Impuls einer optischen Null gesendet wird. Dies reduziert das Extinktionsverhältnis, wobei folglich der optimale Vorspannungspunkt für den Lasersender ein Kompromiß zwischen der geringsten Einschaltverzögerung und dem besten Extinktionsverhältnis ist.

Entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Technik wird das Extinktionsverhältnis unter Verwendung von Messungen mit einem Oszilloskop bestimmt, nachdem das optische Signal mit einem optoelektrischen Wandler in ein elektrisches Signal umgewandelt wurde, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Die Bestimmung des Extinktionsverhältnisses wird typischerweise basierend auf einem Augendiagramm durchgeführt, welches eine geeignete Art ist, alle möglichen Sequenzen von logischen Einsen und Nullen durch Überlappen derselben auf der Anzeige des Oszilloskops anzuzeigen, wie in Fig. 3 gezeigt ist.

Das Oszilloskop, das in Fig. 2 gezeigt ist, mißt nun die Durchschnittsleistung in den Bits der logischen Einsen und Nullen nicht direkt. Statt dessen werden diese Werte durch Bestimmen der Durchschnittsspannungen der logischen Einsen und der logischen Nullen approximiert, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Diese Technik ist z. B. in der gegenwärtigen Ausgabe des Verfahrens OFSTP-4 der Telecommunications Industries Association (TIA) beschrieben. Siehe Optical Eye Pattern Measurement Procedure, OFSTP-4, TIA/EIA-526-4, Telecommunications Industries Association, Draft Standard Proposal No. 2372, 1993.

Ungünstigerweise unterliegt die gegenwärtig verwendete Technik zum Messen der Parameter, um das Extinktionsverhältnis zu bestimmen, schwerwiegenden Fehlern, die es unmöglich machen, einen genauen Extinktionsverhältniswert zuverlässig zu erhalten. Einige Fehlerquellen sind nachfolgend aufgeführt.

Die genaue Definition des Extinktionsverhältnisses erfordert es, daß die durchschnittliche optische Leistung in den Impulsen der logischen Einsen und der logischen Nullen gemessen werden. Die Oszilloskop-Meßtechnik

mißt jedoch nicht die wahren Durchschnittsleistungen der Bits der logischen Eins und der Null. Statt dessen mißt dieselbe Spannungen der logischen Einsen und Nullen, die auf die optische Spitzenleistung (nicht die Durchschnittsleistung) zu einem bestimmten Zeitpunkt bezogen sind.

Spezieller gesagt hängen die Spannungen der logischen Einsen und Nullen, die von dem Oszilloskop gemessen werden, von mehreren Faktoren ab. Ein Faktor bezieht sich darauf, ob die Spannung über die gesamte Bitperiode oder nur über einen kleinen Bruchteil der Zeit in der Mitte der Bitperiode gemittelt wird. Ein weiterer Faktor bezieht sich darauf, ob die Durchschnittswerte als das Mittel eines Histogramms, als der häufigste Wert eines Histogramms oder durch irgendeine andere Definition definiert sind. Das Meßergebnis ist daher nur eine Approximation des wahren Extinktionsverhältnisses und kann in einigen Fällen einen signifikanten Fehler aufweisen.

Es seien z. B. die zwei Signalformen, die in Fig. 4 dargestellt sind, betrachtet. Gemäß der exakten Definition des Extinktionsverhältnisses sollte die Signalform auf der linken Seite die Bestimmung eines geringeren Extinktionsverhältnisses zur Folge haben als die auf der rechten Seite, da die Gesamtenergie in dem Bit geringer ist. Unter Verwendung der Oszilloskop-Meßtechnik würden jedoch beide Signalformen die gleiche Messung erzeugen, da beide den gleichen mittleren Spitzenwert erreichen.

Eine weitere Fehlerquelle bezieht sich auf die Meßbandbreite. Die exakten Werte der Durchschnittsspannungen der logischen Einsen und Nullen hängen stark von der Bandbreite und der Frequenzantwort des Meßsystems ab. Aus diesem Grund empfiehlt das OFSTP-4, daß die Meßbandbreite innerhalb von  $\pm 0,3$  dB einer bestimmten nominellen Antwort gehalten werden soll. Trotzdem hat eine Analyse gezeigt, daß Frequenzantwortabweichungen in dieser Toleranz bewirken können, daß sich das Extinktionsverhältnis auf einem Signal mit einem nominellen XR von 10 dB um  $\pm 0,75$  dB ändert.

Eine zusätzliche Fehlerquelle ist die Genauigkeit des Oszilloskops. Überraschenderweise ist die Genauigkeit von Oszilloskopen nicht klar spezifiziert. Statt dessen muß sie von der Spezifikation der Gleichsignalgenauigkeit und der Spezifikation der Frequenzantwort des Oszilloskops abgeleitet werden. Wichtige Parameter, wie z. B. Überspringen und Nachspringen, sind ebenfalls selten garantiert. Trotzdem besitzen alle diese Parameter einen wesentlichen Einfluß auf die Messungen zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses. Demgemäß ist die genaue Messung der Parameter zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses mit einem Oszilloskop eine der schwierigsten Messungen. Ferner kann nicht garantiert werden, daß jede resultierende Messung auf Referenznormen zurückführbar ist, da die Messung von unspezifizierten Oszilloskopparametern abhängt.

Es wäre daher wünschenswert, eine genauere Bestimmung des Extinktionsverhältnisses zu schaffen. Eine derartige Bestimmung des Extinktionsverhältnisses würde den Ingenieuren während des Entwurfs von digitalen Lasersendern bedeutungsvollere Informationen liefern und die Zuverlässigkeit bezüglich des Einsatzes derartiger Sender in optischen Telekommunikationssystemen erhöhen.

Das Problem bei der derzeit bekannten Technik, die verwendet wird, um die Parameter zu messen, um das Extinktionsverhältnis zu bestimmen, liegt darin, daß das Extinktionsverhältnis als das Verhältnis zweier optischer Durchschnittsleistungen definiert ist, das unter Verwendung eines Oszilloskops nicht direkt gemessen werden kann. Ein verbesserter Lösungsansatz wäre ein Lösungsansatz, der diese zwei Leistungen direkt mißt. Da die Leistung eines der elementarsten Maße ist und auf fundamentale Standards zurückgeführt werden kann, wäre eine Meßvorrichtung und ein -Verfahren, das direkt auf der Messung der Leistung basiert, der genaueste und wiederholbarste Lösungsansatz, der in Verbindung mit der Bestimmung des Extinktionsverhältnisses möglich ist.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum genauen Bestimmen des Extinktionsverhältnisses eines modulierten optischen Signals zu schaffen, wobei eine direkte Leistungsmessung verwendet wird.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren gemäß Patentanspruch 10 gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung liefert eine verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses modulierter optischer Quellen, wie z. B. digitaler Lasersender. Gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung werden eine Vorrichtung und ein Verfahren, die direkt auf der Messung der Leistung basieren, geschaffen, um eine genaue und wiederholbare Bestimmung des Extinktionsverhältnisses zu ermöglichen. Vorzugsweise weist die Vorrichtung eine optoelektrische Wandlereinrichtung (O/E-Wandlereinrichtung) auf, die auf ein modulierte optisches Signal anspricht, um ein elektrisches Signal zu erzeugen, eine Einrichtung, die mit der O/E-Wandlereinrichtung verbunden ist, um das elektrische Signal zu messen, um ein erstes Signal zu liefern, das der optischen Durchschnittsleistung entspricht, eine Einrichtung, die mit der O/E-Wandlereinrichtung verbunden ist, zum Messen des elektrischen Signals, um ein zweites Signal zu liefern, das der optischen Leistung in dem Modulationssignal entspricht, und eine Einrichtung, die mit der Leistungsmeßeinrichtung verbunden ist, zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses aus dem ersten und dem zweiten Signal, die der optischen Durchschnittsleistung und der optischen Leistung in dem Modulationssignal entsprechen. Das Verfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses eines modulierten optischen Signals, das von einer modulierten optischen Quelle erzeugt wird, umfaßt die Schritte des Umwandels des modulierten optischen Signals in ein elektrisches Signal, des Messens des elektrischen Signals, um ein erstes Signal zu liefern, das einer optischen Durchschnittsleistung in dem modulierten optischen Signal entspricht, des Messens des elektrischen Signals, um ein zweites Signal zu liefern, das der optischen Leistung in dem Modulationssignal entspricht, und des Bestimmens eines Extinktionsverhältnisses aus dem ersten und dem zweiten Signal, die der optischen Durchschnittsleistung in dem optischen Signal und der optischen Leistung in dem Modulationssignal entsprechen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein digital modulierte optisches Signal, das von einem Lasersender erzeugt wird, um das Verstehen der Definition des Extinktionsverhältnisses zu erleichtern;

Fig. 2 ein Blockdiagramm eines herkömmlichen Systems, um die Parameter zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses zu messen;

Fig. 3 eine Augendiagrammanzeige, die auf der Anzeige des Oszilloskops erzeugt wird, das in dem Meßsystem, das in Fig. 2 gezeigt ist, eingeschlossen ist, aus dem das Extinktionsverhältnis herkömmlicherweise bestimmt wird;

Fig. 4 zwei unterschiedliche Signalformen, die den gleichen Extinktionsverhältniswert erzeugen, wenn das Meßsystem, das in Fig. 2 gezeigt ist, zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses verwendet ist;

Fig. 5 ein digital modulierte optisches Signal, das von einem Lasersender erzeugt ist, um das Verstehen der Bestimmung des Extinktionsverhältnisses, die auf Leistungsmessungen basiert, gemäß einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens der Erfindung zu erleichtern;

Fig. 6 ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 7 ein Flußdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses gemäß der Erfindung.

Die Erfindung wird beispielsweise in Verbindung mit einem digitalen Lasersender beschrieben, da ein solcher Sender typischerweise als Quelle in einem optischen Telekommunikationssystem dient. Jedoch können die Vorrichtung und das Verfahren zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses gemäß der Erfindung in Verbindung mit einer beliebigen digital modulierten optischen Quelle verwendet werden, bei der das Extinktionsverhältnis eine wichtige Verhaltenscharakteristik ist.

Um das Prinzip der auf der Leistung basierenden Vorrichtung und des Verfahrens zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses gemäß der Erfindung zu verstehen, sei der Fall eines optischen Trägers betrachtet, der mit einem sich wiederholenden Eins-Null-Muster mit einem Nicht-Null-Extinktionsverhältnis moduliert ist, betrachtet, wie in Fig. 5 gezeigt ist. In dem NRZ-Codierformat (NRZ = non-return-to-zero), das in typischen optischen Telekommunikationssystemen verwendet wird, entspricht dies der Übertragung eines Rechtecksignalmusters, dessen Frequenz die Hälfte der Bitrate ist. Dieses Rechtecksignalmuster macht die Analyse leicht zu verstehen, wobei die Vorrichtung und das Verfahren zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses gemäß der Erfindung jedoch für ein beliebiges Datenmuster wirksam sind, solange die Markierungsdichte des Musters bekannt ist. (Die Markierungsdichte ist als der Bruchteil des Gesamtmusters definiert, der aus digitalen Einsen besteht. Eine Rechteckwelle besitzt zum Beispiel eine Markierungsdichte von 0,5 oder 50%.) Die folgende Analyse geht von einer Markierungsdichte von 50% aus, oder einer gleichen Wahrscheinlichkeit für logische Einsen und Nullen.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, kann die optische Gesamtleistung in zwei Abschnitte geteilt werden, nämlich die Leistung in dem Modulationssignal und eine restliche Gleichsignal-Leistung aufgrund des Nicht-Null-Extinktionsverhältnisses des Signals. Die folgenden Parameter, die in Fig. 5 gezeigt sind, sind wie folgt definiert:

$P_{MOD}$  ist die Durchschnittsleistung in dem Modulationssignal

$P_{DC}$  ist die restliche optische Gleichsignal-Leistung

Die Durchschnittsleistung in dem optischen Signal ist die Summe dieser zwei Komponenten:

$$P_{AV} = P_{MOD} + P_{DC} \quad (1)$$

Es sei bemerkt, daß die gesamte Energie in dem Modulationssignal,  $P_{MOD}$ , aufgrund der Übertragung der logischen Einsen auftritt. In der Übertragung einer logischen Null ist keine Modulationsenergie enthalten. Wenn das Modulationssignal mit einem Leistungsmesser gemessen wird, wird diese Energie jedoch über die Bits sowohl der logischen Einsen als auch der Nullen gemittelt. Folglich ist bei einer Markierungsdichte von 0,5 die Modulationsleistung in einer logischen Eins durch Verdoppeln der Gesamtmodulationsleistung zu finden.

Die Durchschnittsleistung in einer logischen Eins lautet dann:

$$P_1 = 2P_{MOD} + P_{DC} \quad (2)$$

und die Leistung in einer logischen Null lautet:

$$P_0 = P_{DC} \quad (3)$$

somit ist das Extinktionsverhältnis:

$$ER = \frac{2P_{MOD} + P_{DC}}{P_{DC}} \quad (4)$$

ferner folgt aus Gleichung (1),

$$P_{DC} = P_{AV} - P_{MOD} \quad (5)$$

Einsetzen der Gleichung (5) in Gleichung (4) ergibt:

$$ER = \frac{P_{AV} + P_{MOD}}{P_{AV} - P_{MOD}} \quad (6)$$

Daher kann, wenn  $P_{MOD}$  und  $P_{AV}$  gemessen werden,  $ER$  bestimmt werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses gemäß der Erfindung, das allgemein mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet ist, ist in Fig. 6 gezeigt. Die Vorrichtung 10 zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses ist konfiguriert, um gleichzeitig beide Parameter  $P_{MOD}$  und  $P_{AV}$  eines digital modulierten optischen Signals, das von einer optischen Quelle 12, wie z. B. einem Lasersender, erzeugt wird, zu messen. Das digital modulierte optische Signal breitet sich durch eine Lichtleitfaser 14 aus.

Die Vorrichtung 10 zur Bestimmung des Extinktionsverhältnisses 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung, das in Fig. 6 gezeigt ist, weist im allgemeinen vier Elemente auf. Diese Elemente sind eine optoelektrische Wandlereinrichtung 16 (O/E-Wandlereinrichtung), eine Einrichtung 18, die mit der O/E-Wandlereinrichtung verbunden ist, zum Messen eines ersten Signals, das der optischen Durchschnittsleistung,  $P_{AV}$ , entspricht, eine Einrichtung 20, die mit der O/E-Wandlereinrichtung verbunden ist, zum Messen eines zweiten Signals, das der optischen Leistung in dem Modulationssignal,  $P_{MOD}$ , entspricht, und eine Einrichtung 22, die mit den Leistungsmeßeinrichtungen 18 und 20 verbunden ist, zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses aus den gemessenen Werten von  $P_{MOD}$  und  $P_{AV}$ .

Wie in Fig. 6 gezeigt ist, weist die O/E-Wandlereinrichtung 16 vorzugsweise eine Photodiode 24 auf, die mit einer Vorspannungs-Spannungsquelle 26 verbunden ist. Die Photodiode 24 kann beispielsweise eine Photodiode HP 8344 OB OPT H10 sein, die von der Hewlett-Packard Company, Palo Alto, Californien, erhältlich ist, welche eine nicht-verstärkte PIN-Photodiode mit großer Bandbreite ist. (Die Option H10 schließt eine Durchschnittsleistung-Überwachungsschaltung ein, die direkt mit dem Vielfachmeßgerät HP 34401A verbunden werden kann, welches von der Hewlett-Packard Company erhältlich ist.) Die Frequenzantwort einer nicht-verstärkenden PIN-Photodiode ist bis zu vielen GHz extrem flach, was die Wirkung von Frequenzantwortabweichungen stark reduziert. Die Bandbreite ist derart ausgewählt, daß sie größer als die höchste interessierende Signalfrequenz ist, so daß das gesamte Spektrum des optischen Signals gemessen wird.

Ein gut bekannter Lösungsansatz zum Messen von  $P_{AV}$ , wie er in verschiedenen elektronischen Geräten verwendet wird, z. B. dem HP 71400A, das von der Hewlett-Packard Company erhältlich ist, basiert auf der Tatsache, daß der durchschnittliche Vorspannungsstrom durch die Photodiode 24 direkt proportional zu der ankommenden optischen Durchschnittsleistung  $P_{AV}$  ist. Um diesen Vorspannungsstrom zu messen, ist ein Widerstand 28 seriell zu der Vorspannungsquelle 26 und der Photodiode 24 eingefügt, wobei die Spannung über dem Widerstand mittels der Einrichtung 18 zum Messen von  $P_{AV}$  überwacht wird, welche z. B. ein Präzisionsspannungsmesser ist, wie z. B. das Mehrfachmeßgerät HP 34401A, das von der Hewlett-Packard Company erhältlich ist. Die Spannung, die mittels des Präzisionsspannungsmessers gemessen wird, ist proportional zu dem Durchschnittsstrom durch die Photodiode 24, der wiederum proportional zu der ankommenden optischen Durchschnittsleistung  $P_{AV}$  ist (d. h. basierend auf dem Umwandlungsfaktor der Photodiode).

Die Einrichtung 20 zum Messen der Leistung in dem Modulationssignal  $P_{MOD}$  weist vorzugsweise ein HF-Leistungsmeßgerät auf, wie z. B. das Leistungsmeßgerät HP 438A, das von der Hewlett-Packard Company erhältlich ist, wobei ein Leistungssensorkopf HP 8481D, der ebenfalls von der Hewlett-Packard Company erhältlich ist, über einen Kondensator 30, der in den Leistungssensorkopf HP 8481D eingebaut ist, mit der Photodiode 24 gekoppelt ist. Wie nachfolgend beschrieben wird, ist die HF-Leistung, die mittels des Leistungsmeßgeräts gemessen wird, zu  $P_{MOD}$  proportional.

Da die Photodiode 24 die optische Leistung in eine elektrische Spannung umwandelt, und nicht in eine elektrische Leistung, bezieht sich die Leistung, die mittels des HF-Leistungsmeßgeräts gemessen wird, auf  $P_{MOD}$ , ist jedoch nicht exakt identisch. Statt dessen wird  $P_{MOD}$  gemäß folgender Berechnung aus der gemessenen HF-Leistung gewonnen.

Die Beziehung zwischen der modulierten optischen Leistung am Eingang der Photodiode 24 und der HF-Spannung am Ausgang der Photodiode ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$V_{mess} = CP_{MOD}$$

wobei C die Umwandlungsverstärkung der Photodiode ist. Für ein 50 ohm-System ist die mittlere HF-Leistung, die mittels des HF-Leistungsmeßgeräts gemessen wird, dann:

$$V_{mess} = \frac{(V_{mess})^2}{R} = \frac{(CP_{MOD})^2}{50} \quad (7)$$

somit

$$P_{MOD} = \frac{50 P_{mess}}{C^2}$$

Die Spannung, die mittels des Leistungsmeßgeräts gemessen wird, ist proportional zu der Quadratwurzel der Durchschnittsmodulationsleistung,  $P_{MOD}$ , die in dem optischen Signal enthalten ist.

Die Meßwerte von  $P_{MOD}$  und  $P_{AV}$  werden dann über einen HPIB-Datenbus (IEEE 488) zu der Einrichtung 22 geleitet, um das Extinktionsverhältnis zu bestimmen, welche z. B. ein Mikroprozessor 32 ist, der das Extinktionsverhältnis aus der Gleichung (6) bestimmt. Der Mikroprozessor 32 ist vorzugsweise mit einer Anzeige 34, wie z. B. einem digitalen Ausleser, zum Anzeigen des Extinktionsverhältnisseswertes, verbunden.

Ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses gemäß der Erfindung ist durch das Flußdiagramm, das in Fig. 7 gezeigt ist, schematisch dargestellt. Wie in Fig. 7 gezeigt ist, wird das modulierte optische Signal, das von dem Lasersender 12 erzeugt wird, wie in Fig. 6 gezeigt ist, mittels der O/E-Wandlereinrichtung 16 in ein elektrisches Signal umgewandelt, wie durch das Bezugszeichen 40 in Fig. 7 gezeigt ist. Die optische Durchschnittsleistung in dem optischen Signal,  $P_{AV}$ , wird dann gemessen, wie durch das Bezugszeichen 42 in Fig. 7 gezeigt ist. Gleichzeitig wird die optische Leistung in dem Modulationssignal,  $P_{MOD}$ , gemessen, wie durch das Bezugszeichen 44 in Fig. 7 gezeigt ist. Schließlich wird der Extinktionsverhältnisseswert aus der optischen Durchschnittsleistung in dem optischen Signal,  $P_{AV}$ , die im Schritt 52 gemessen wurde, und der optischen Leistung in dem Modulationssignal,  $P_{MOD}$ , die im Schritt 44 gemessen wurde, bestimmt, wie durch das Bezugszeichen 46 in Fig. 7 gezeigt ist.

Die Vorrichtung und das Verfahren gemäß der Erfindung begegnen direkt den drei Meßproblemen, die in Verbindung mit der Bestimmung des Extinktionsverhältnisses unter Verwendung bekannter Techniken auftreten. Das Verfahren, das auf der Leistung basiert, mißt die wahre Durchschnittsleistung in den Bits der logischen Einsen und Nullen, so daß die Definition, die in industriellen Normen beschrieben ist, erfüllt ist. Ferner wird die gesamte Leistung in dem optischen Signal gemessen, indem die Bandbreite der Meßvorrichtung größer als die höchste interessierende Signalfrequenz gemacht wird. Die nicht-verstärkende PIN-Photodiode liefert eine sehr flache Frequenzantwort, so daß die Wirkung von Frequenzantwortabweichungen sehr gering ist. Daher ergeben, anders als bei dem oszilloskop-Lösungsansatz, der von den bekannten Techniken verwendet ist, zwei verschiedene Leistungsmeßgerät-Systeme, die den gleichen Lasersender messen, sehr ähnliche Ergebnisse. Schließlich kann die Genauigkeit dieser Messungen ohne weiteres quantifiziert und auf zurückführbare Normen bezogen werden, da das Meßverfahren vollständig auf Leistungsmessungen basiert. Dies bedeutet, daß eine echte Meßunsicherheit berechnet werden kann.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses eines modulierten optischen Signals, das von einer modulierten optischen Quelle (12) erzeugt ist, mit folgenden Merkmalen:

einer optoelektrischen Wandlereinrichtung (O/E-Wandlereinrichtung) (16), die auf das modulierte optische Signal anspricht, um ein elektrisches Signal zu erzeugen;

einer Einrichtung (18), die mit der O/E-Wandlereinrichtung (16) verbunden ist, zum Messen des elektrischen Signals, um ein erstes Signal zu liefern, das der optischen Durchschnittsleistung in dem modulierten optischen Signal entspricht;

einer Einrichtung (20), die mit der O/E-Wandlereinrichtung (16) verbunden ist, zum Messen des elektrischen Signals, um ein zweites Signal zu liefern, das der optischen Leistung in dem Modulationssignal entspricht; und

einer Einrichtung (22), die mit den Leistungsmeßeinrichtungen (18, 20) verbunden ist, zum Bestimmen eines Extinktionsverhältnisseswertes aus dem ersten und dem zweiten Signal, die der optischen Durchschnittsleistung in dem modulierten optischen Signal und der optischen Leistung in dem Modulationssignal entsprechen.

2. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 1, bei der das erste Signal eine Spannung ist, die proportional zu dem Durchschnittsstrom durch die optoelektrische Wandlereinrichtung (16) ist, welcher wiederum proportional zu der ankommenden optischen Durchschnittsleistung ist, und das zweite Signal eine Spannung ist, die proportional zu der Quadratwurzel der Durchschnittsmodulationsleistung ist, welche in dem modulierten optischen Signal enthalten ist.

3. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 1 und 2, bei der die optoelektrische Wandlereinrichtung (16) eine Photodiode (24) ist, die mit einer Vorspannungs-Spannungsquelle (26) verbunden ist.

4. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 3, bei der die Photodiode (24) eine nicht-verstärkende PIN-Photodiode mit einer Bandbreite ist, die ausgewählt ist, um größer als die größte interessierende Signalfrequenz zu sein, so daß das gesamte Spektrum des modulierten optischen Signals gemessen wird.

5. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 3 oder 4, bei der ein Widerstand (28) seriell zu der Vorspannungs-Spannungsquelle (26) und der Photodiode (24) eingefügt ist, und die Einrichtung (18) zum Messen des elektrischen Signals, die mit der optoelektrischen Wandlereinrichtung (16) verbunden ist, um ein erstes Signal zu liefern, das der optischen Durchschnittsleistung in dem modulierten optischen Signal entspricht, ein Spannungsmeßgerät zum Messen der Spannung über dem Widerstand (28) aufweist.

6. Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Einrichtung (20) zum Messen des elektrischen Signals, die mit der optoelektrischen Wandlereinrichtung (16) verbunden ist, um ein zweites

Signal zu liefern, das der optischen Leistung in dem Modulationssignal entspricht, ein HF-Leistungsmeßgerät aufweist, das einen Leistungssensorkopf besitzt, der durch einen Kondensator (30) mit der Photodiode gekoppelt ist.

7. Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Einrichtung (22) zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses aus dem ersten und dem zweiten Signal, die der optischen Durchschnittsleistung und der optischen Leistung in dem Modulationssignal entsprechen, die mit den Leistungsmeßeinrichtungen (18, 20) verbunden ist, einen Mikroprozessor (32) aufweist.

8. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 7, die ferner eine Anzeige (34) aufweist, die mit dem Mikroprozessor (32) zum Anzeigen des Extinktionsverhältnisses verbunden ist.

9. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 8, bei der die Anzeige (34) ein digitaler Ausleserwert ist.

10. Verfahren zum Bestimmen des Extinktionsverhältnisses eines modulierten optischen Signals, das von einer modulierten optischen Quelle (12) erzeugt ist, mit folgenden Schritten:  
Umwandeln (40) des modulierten optischen Signals in ein elektrisches Signal;

Messen (42) des elektrischen Signals, um ein erstes Signal zu liefern, das der optischen Durchschnittsleistung in dem modulierten optischen Signal entspricht;

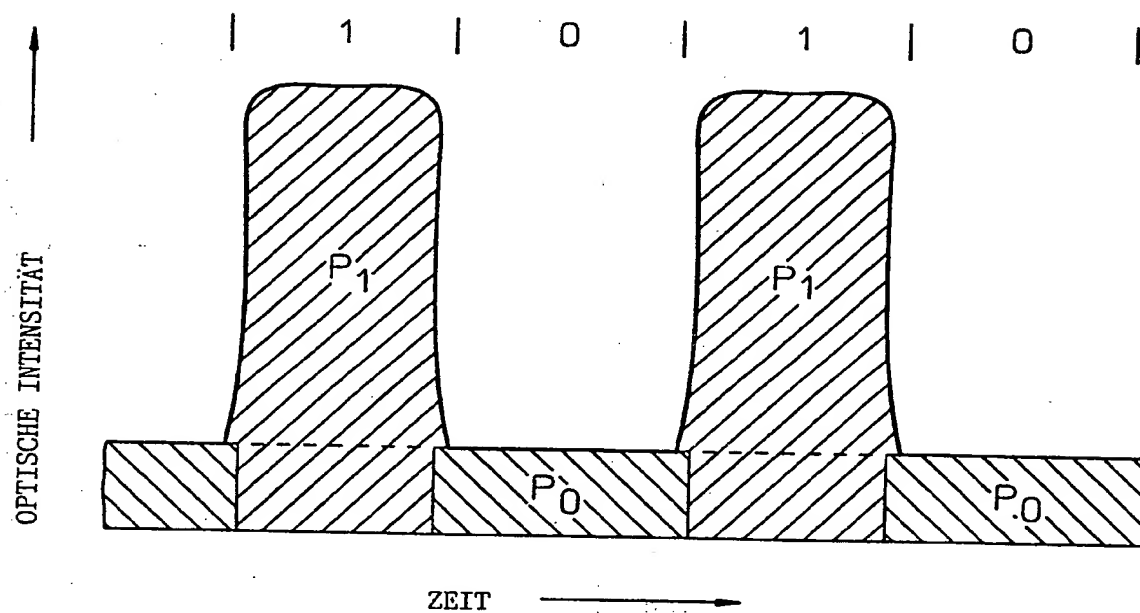
Messen (44) des elektrischen Signals, um ein zweites Signal zu liefern, das der optischen Leistung in dem Modulationssignal entspricht; und

Bestimmen (46) eines Extinktionsverhältnisses aus dem ersten und dem zweiten Signal, die der optischen Durchschnittsleistung in dem modulierten optischen Signal und der optischen Leistung in dem Modulationssignal entsprechen.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, bei dem das elektrische Signal gemessen wird, um das erste und das zweite Signal gleichzeitig zu liefern.

12. Verfahren gemäß Anspruch 10 oder 11, bei dem das erste Signal eine Spannung ist, die proportional zu dem Durchschnittsstrom durch eine optoelektrische Wandlereinrichtung (16) ist, der wiederum proportional zu der ankommenden optischen Durchschnittsleistung ist, und das zweite Signal eine Spannung ist, die proportional zu der Quadratwurzel der Durchschnittsmodulationsleistung ist, die in dem modulierten optischen Signal enthalten ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen



**FIG. 1** \*



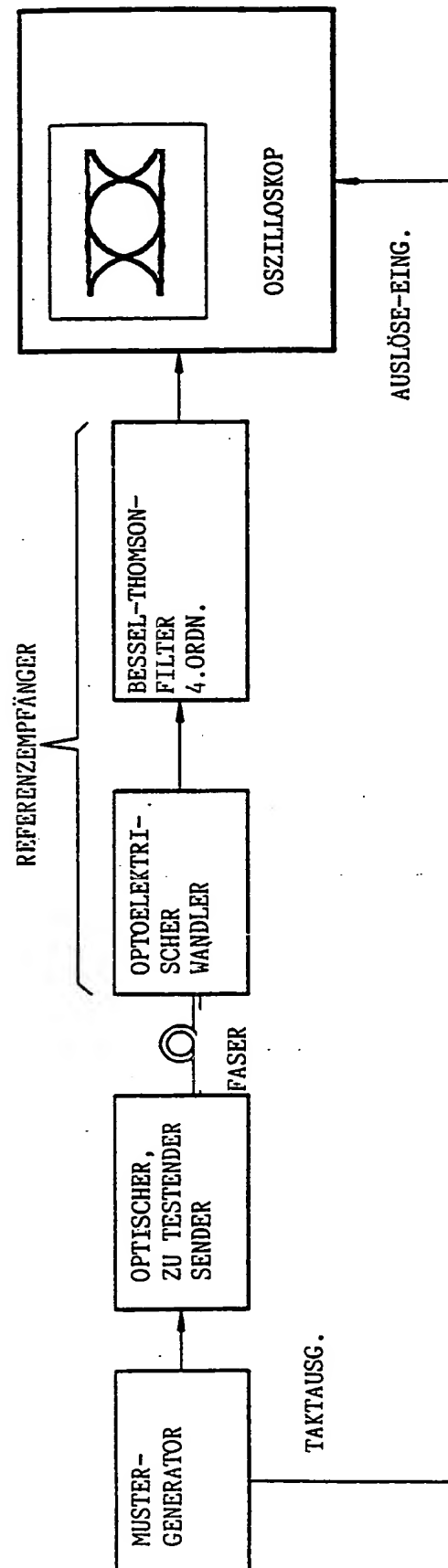
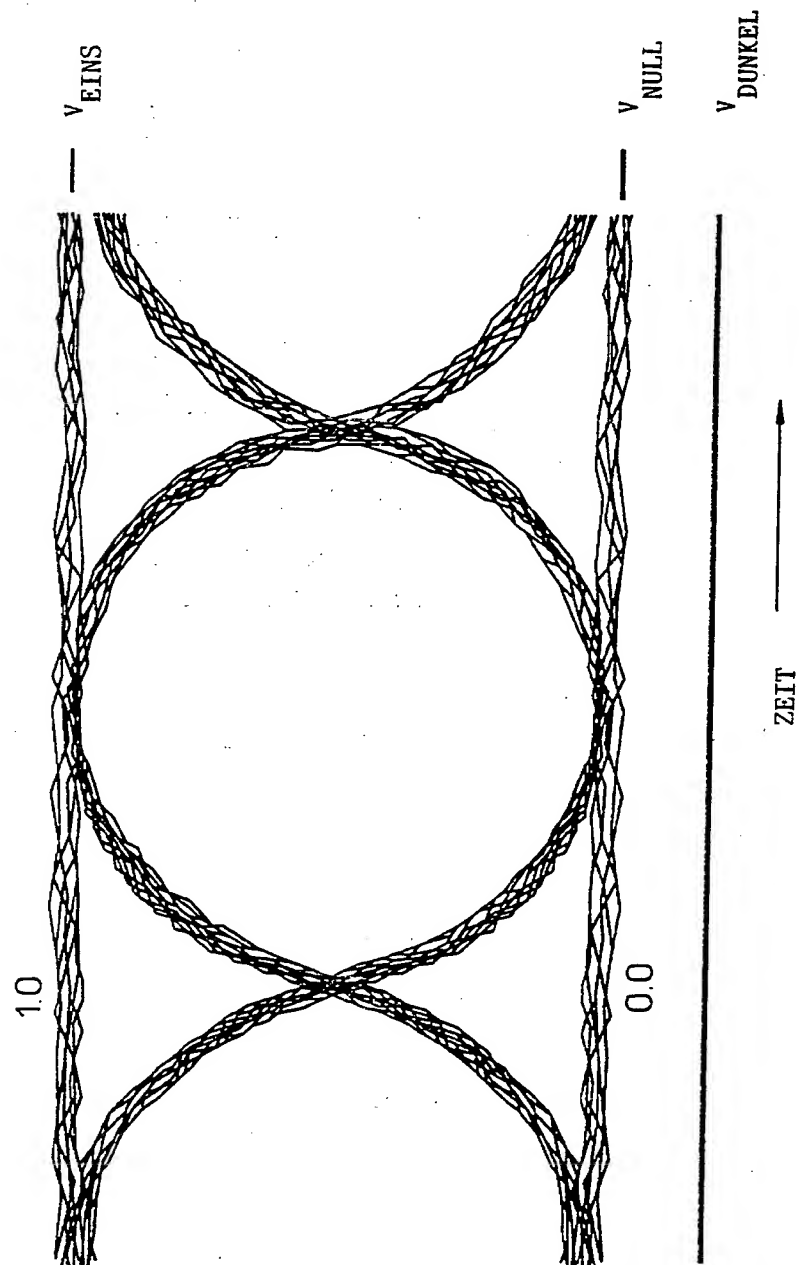


FIG. 2 (STAND DER TECHNIK)



**FIG. 3**

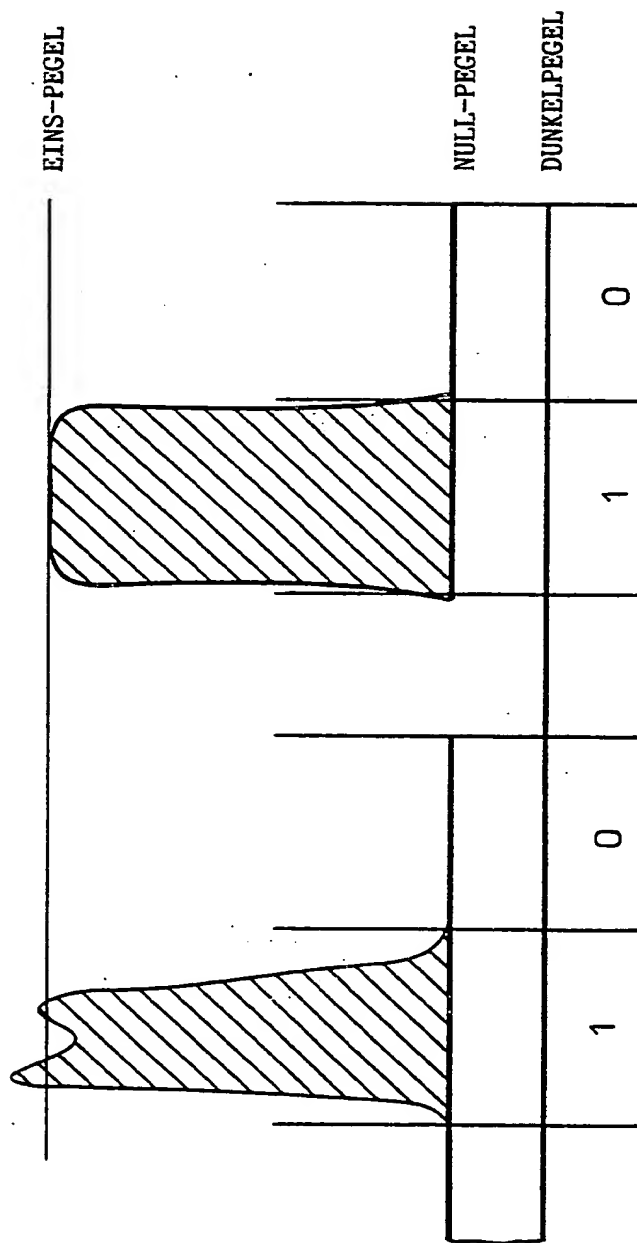


FIG. 4

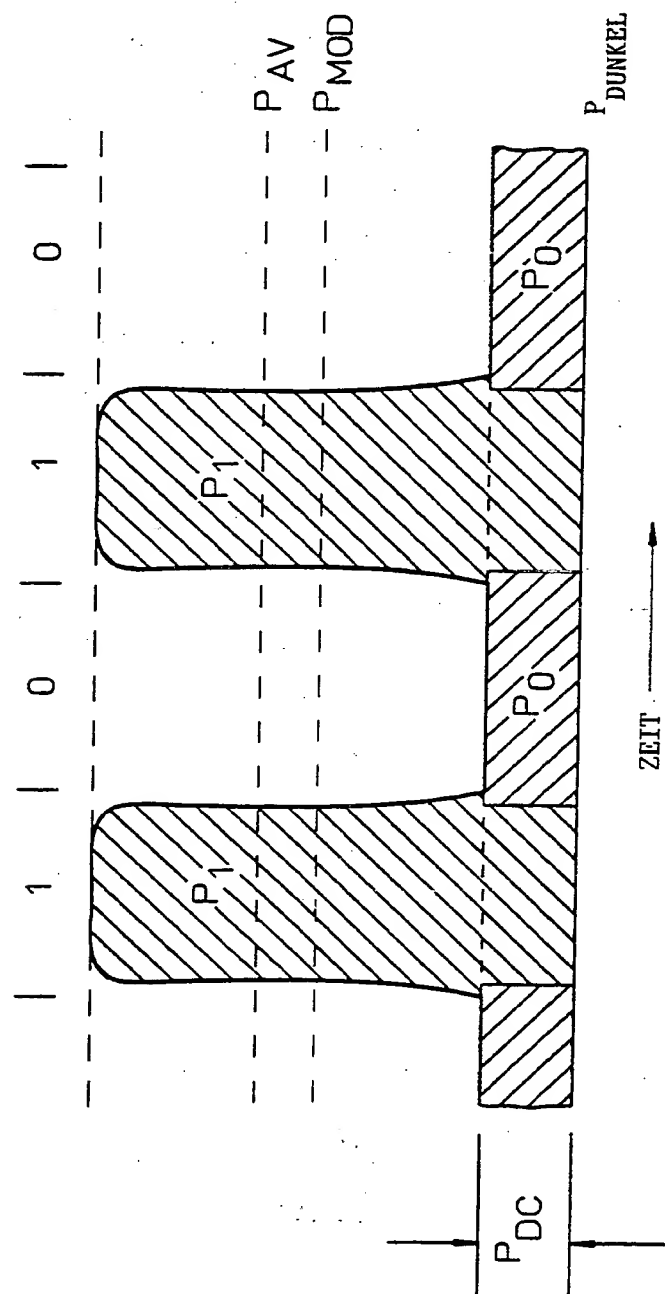


FIG. 5

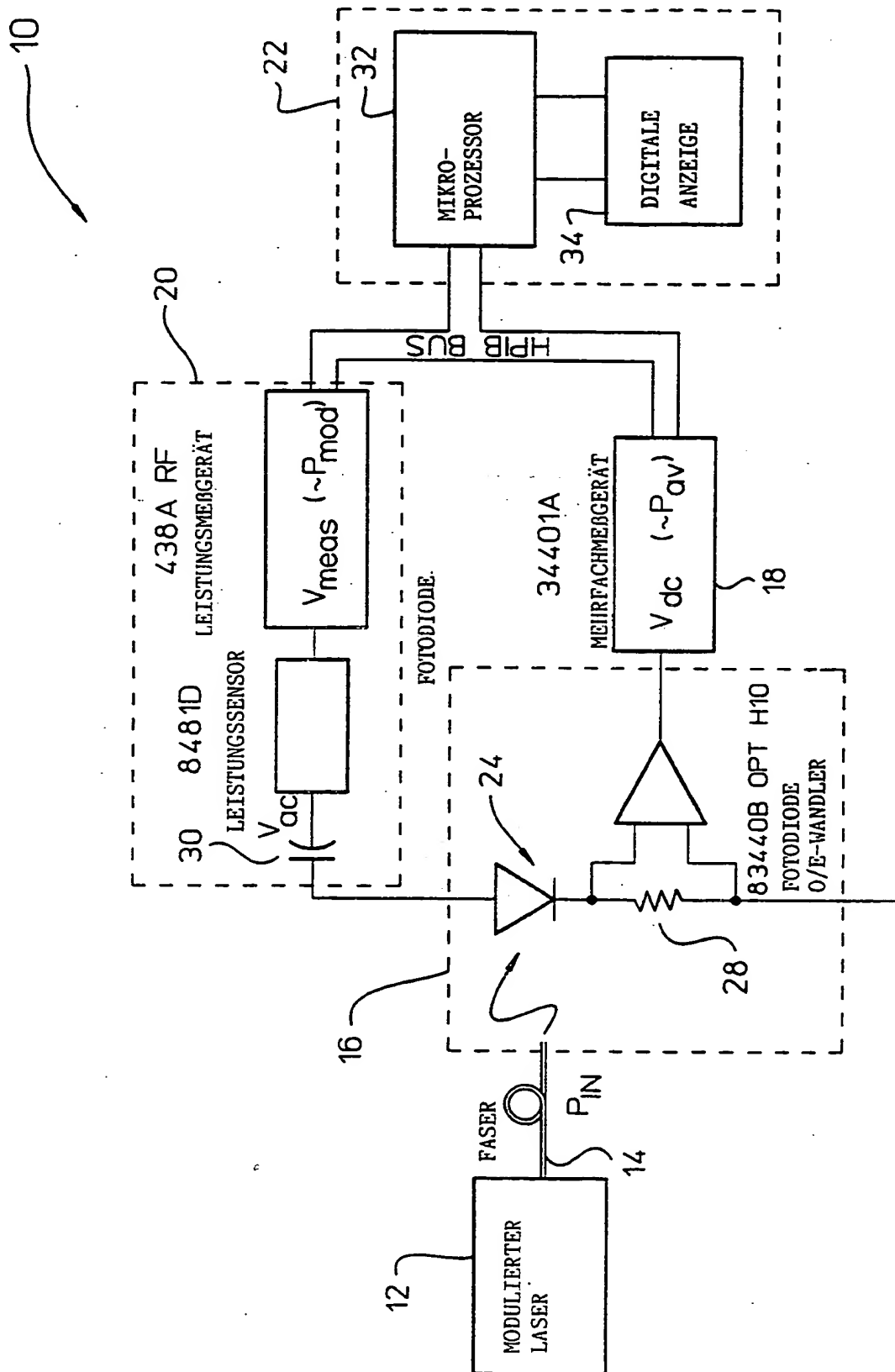


FIG. 6

VORSPANNUNG 26

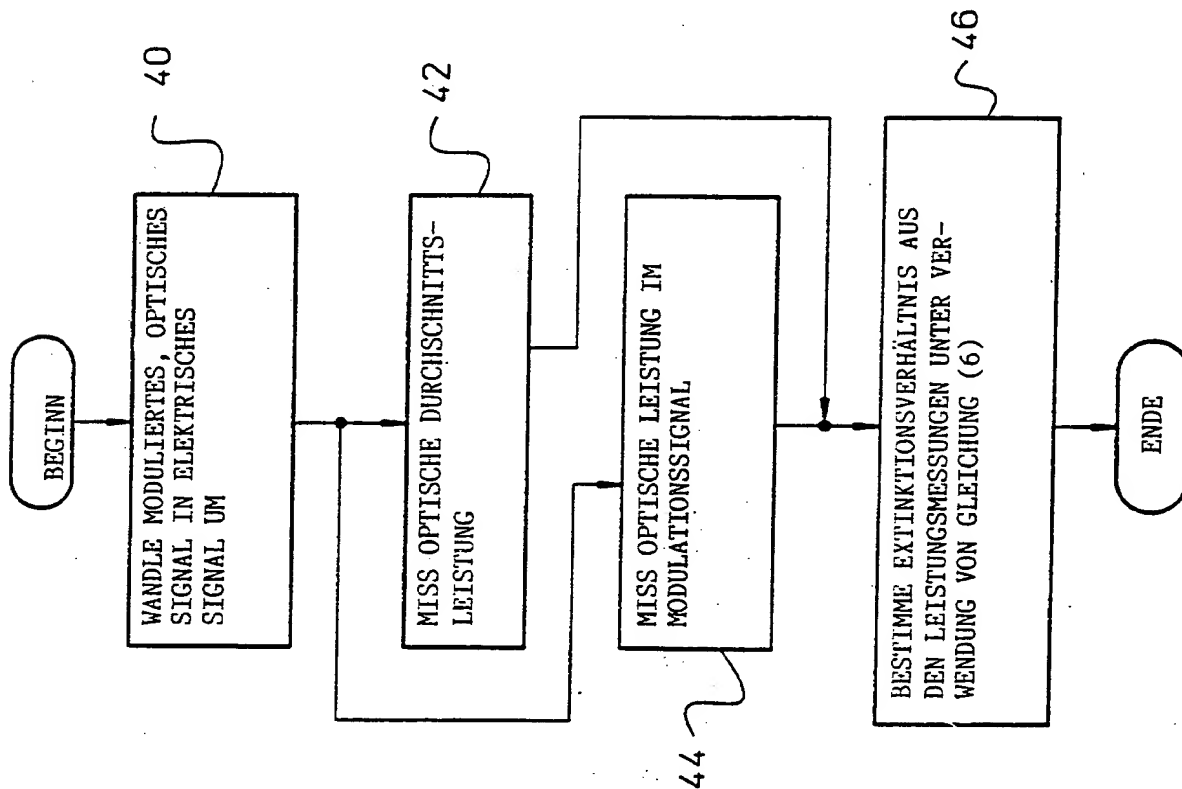


FIG. 7